

## IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of: )  
Frédérique EHRMANN-PATIN, et al. ) Examiner: Unassigned  
Appln. No.: 10/029,673 ) Group Art Unit: 2819  
Filed: December 31, 2001 )  
For: METHOD AND DEVICE FOR ) April 3, 2002  
SENDING AND RECEIVING DIGITAL :  
IMAGES USING AN IMAGE )  
WATERMARK FOR DECODING :  
:

The Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Sir:

In support of Applicants' claim for priority under 35 U.S.C. § 119, enclosed is a certified copy of the following French application:

0100676, filed January 18, 2001.

Applicants' undersigned attorney may be reached in our Washington office by telephone at (202) 530-1010. All correspondence should continue to be directed to our address given below.

Respectfully submitted,



Attorney for Applicants  
Brian L. Klock  
Registration No. 36,570

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO  
30 Rockefeller Plaza  
New York, New York 10112-3801  
Facsimile: (212) 218-2200  
BLKJcmv

THIS PAGE BLANK (USPTO)

# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

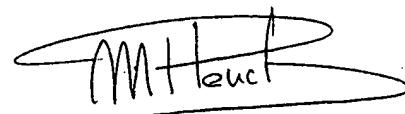
### COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le

21 DEC. 2001

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets



Martine PLANCHE

---

THIS PAGE BLANK (USPTO)

# **BREVET D'INVENTION**

## **CERTIFICAT D'UTILITÉ**

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI

## REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

<p>REMISE DES PIÈCES DATE <b>18 JAN 2001</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b></p> <p>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI</p> <p>DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI</p>		<p>Réervé à l'INPI</p> <p><b>1</b> NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE ▪ <b>RINUY, SANTARELLI</b> 14, avenue de la Grande Armée 75017 PARIS</p>
<p><b>0100676</b></p> <p><b>18 JAN. 2001</b></p> <p><b>Vos références pour ce dossier</b> ( facultatif ) <b>BIF022892/MR/FW</b></p>		
<p><b>Confirmation d'un dépôt par télecopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télecopie</p>		
<p><b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b></p> <p>Demande de brevet Demande de certificat d'utilité</p> <p>Demande divisionnaire</p> <p><i>Demande de brevet initiale</i> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i></p> <p>Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i></p>		<p><b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b></p> <p><input checked="" type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p><input type="checkbox"/></p> <p>N° Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/></p> <p>N° Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/></p> <p>N° Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/></p>
<p><b>3 TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum)</p> <p>Procédé et dispositif d'émission et de réception d'images numériques utilisant un marqueur d'image pour le décodage</p>		
<p><b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b></p>		<p>Pays ou organisation Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> N°</p> <p>Pays ou organisation Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> N°</p> <p>Pays ou organisation Date <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> N°</p> <p><input type="checkbox"/> <b>S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»</b></p>
<p><b>5 DEMANDEUR</b></p>		<p><input type="checkbox"/> <b>S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»</b></p>
<p>Nom ou dénomination sociale</p> <p>Prénoms</p> <p>Forme juridique</p> <p>N° SIREN</p> <p>Code APE-NAF</p> <p>Adresse</p> <p>Rue</p> <p>Code postal et ville</p> <p>Pays</p> <p>Nationalité</p> <p>N° de téléphone ( facultatif )</p> <p>N° de télecopie ( facultatif )</p> <p>Adresse électronique ( facultatif )</p>		<p><b>CANON KABUSHIKI KAISHA</b></p> <p>Société de droit Japonais</p> <p><input type="text"/></p> <p>30-2, Shimomaruko 3-chome, Ohta-ku, Tokyo</p> <p><b>JAPON</b></p> <p><b>JAPONAISE</b></p>

**BREVET D'INVENTION**  
**CERTIFICAT D'UTILITÉ**
**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2**

Réservé à l'INPI

REMISE DES PIÈCES

DATE 18 JAN 2001

LIEU 75 INPI PARIS

N° D'ENREGISTREMENT

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

0100676

DB 540 W /190600

<b>REMETTEUR</b> Nom : RINUY, SANTARELLI Prénom : Cabinet ou Société : N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel : Adresse : Rue : 14 AVENUE DE LA GRANDE ARMEE Code postal et ville : 75017   PARIS N° de téléphone (facultatif) : 01 40 55 43 43 N° de télécopie (facultatif) : Adresse électronique (facultatif) :	
<b>INVENTEUR (S)</b> Les inventeurs sont les demandeurs : <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée :	
<b>RAPPORT DE RECHERCHE</b> Établissement immédiat ou établissement différé : <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> Paiement échelonné de la redevance : <b>Paiement en deux versements, uniquement pour les personnes physiques</b> <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
<b>RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b> <input type="checkbox"/> Requise pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requise antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) :	
<b>Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes</b>	
<b>SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)  Bruno QUANTIN N°92 1206 RINUY, SANTARELLI	
<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>  C. TRAN	

PROCEDE ET DISPOSITIF D'EMISSION ET DE RECEPTION  
D'IMAGES NUMERIQUES  
UTILISANT UN MARQUEUR D'IMAGE POUR LE DECODAGE

5 La présente invention se rapporte à un procédé et à un dispositif d'émission et de réception d'images numériques utilisant un marqueur d'image pour le décodage.

Plus précisément, la présente invention a trait à la transmission d'images numériques dans lesquelles est inséré un marqueur connu, sur un 10 canal bruité, lorsque le système de protection contre les erreurs de transmission met en œuvre des codes convolutifs, qui impliquent un décodage itératif paramétrable, c'est-à-dire qu'on peut par exemple faire varier le paramètre indiquant le nombre d'itérations.

A titre d'exemple nullement limitatif, la présente invention est décrite 15 ici dans son application aux turbocodes.

Les turbocodes sont très intéressants dans des conditions de faibles rapports signal à bruit (RSB, en anglais SNR, "Signal to Noise Ratio") qu'on rencontre plus particulièrement sur des liaisons sans fil à grande distance entre émetteur et récepteur.

20 On rappelle qu'un turbocodeur classique est constitué de deux codeurs convolutifs récursifs systématiques (en anglais RSC, "Recursive Systematic Convolutional") et d'un entrelaceur, disposés comme le montre la **figure 1**. Le turbocodeur fournit en sortie trois suites d'éléments binaires ( $x$ ,  $y_1$ ,  $y_2$ ), où  $x$  est la sortie dite systématique du turbocodeur, c'est-à-dire n'ayant subi 25 aucun traitement par rapport au signal d'entrée  $x$ ,  $y_1$  est la sortie codée par le premier codeur RSC, et  $y_2$  est la sortie codée par le second codeur RSC après passage dans l'entrelaceur.

Pour plus de détails sur les turbocodes, on se reportera utilement à l'article de C. BERROU, A. GLAVIEUX et P. THITIMAJSIMA intitulé "Near 30 *Shannon limit error-correcting coding and decoding: turbo-codes*", ICC '93, Genève.

La **figure 2** représente un exemple de turbodécodeur classique susceptible de décoder des données fournies par un turbocodeur tel que celui de la **figure 1**. Les entrées  $x$ ,  $y_1$ ,  $y_2$  du turbodécodeur sont les sorties du turbocodeur telles que reçues par le décodeur après passage dans le canal de transmission, compris ici comme idéal pour faciliter la description. La structure d'un tel turbodécodeur est bien connue de l'homme du métier et ne sera donc pas décrite en détail ici.

Comme on peut le voir sur la **figure 2**, le décodeur complet présente une structure très complexe. Il nécessite en particulier deux décodeurs, 10 désignés par "Décodeur 1" et "Décodeur 2" sur la **figure 2**, par exemple du type BCJR, c'est-à-dire utilisant l'algorithme de BAHL, COCKE, JELINEK et RAVIV, ou du type SOVA (en anglais "*Soft Output Viterbi Algorithm*").

Un turbodécodeur classique nécessite également un rebouclage de la sortie du désentrelaceur  $\pi_2$  sur l'entrée du premier décodeur, afin de 15 transmettre l'information dite "extrinsèque" du second décodeur au premier décodeur.

Un système de protection de signal par turbocodes nécessite de procéder à un certain nombre d'itérations de décodage à la réception pour décoder le signal reçu.

20 Le problème est de savoir combien d'itérations effectuer à la réception pour garantir une bonne qualité, le but étant de minimiser le nombre d'itérations pour gagner en temps de calcul et en rapidité, tout en conservant une bonne qualité des données décodées. Il est donc avantageux d'adapter le nombre d'itérations de façon flexible au décodage.

25 D'autre part, il est possible d'insérer des informations supplémentaires dans des données en utilisant des systèmes de marquage.

Le marquage d'images (en anglais "*watermarking*") consiste à insérer une marque indélébile directement dans les données numérisées, l'insertion de cette marque étant assimilée au codage d'une information 30 supplémentaire dans les données.

Un état de l'art général du watermarking pour les images fixes et la vidéo est donné dans l'article de M. SWANSON, M. KOBAYASHI et A. TEWFIK

intitulé "*Multimedia data-embedding and watermarking technologies*", in Proc. of the IEEE, vol. 86, n°6, juin 1998.

On utilise de préférence une marque dite invisible qui présente les facteurs suivants :

- 5 - cette marque est imperceptible, c'est-à-dire que l'insertion d'une telle marque doit préserver la qualité perceptuelle des données numériques. L'imperceptibilité de la marque rend en outre son piratage difficile ;
- cette marque est indélébile, c'est-à-dire qu'elle est statistiquement indécelable dans les données numériques marquées, afin de résister aux
- 10 attaques intentionnelles pour détruire cette marque.

On distingue plusieurs catégories de marquages, selon leur finalité.

Une première catégorie concerne les méthodes de protection du droit d'auteur, pour lesquelles la marque doit être robuste aux traitements divers appliqués sur l'image : compression, changement de format, filtrage.

- 15 Une deuxième catégorie concerne les méthodes destinées à authentifier les données numériques elles-mêmes et à révéler tout changement éventuel subi par l'image. Dans ce deuxième cas, on parle de méthodes fragiles.

Il existe une catégorie intermédiaire de méthodes : les méthodes dites semi-fragiles, qui permettent d'obtenir la robustesse pour une distorsion particulière fixée (telle que, par exemple, une compression avec un taux de compression prédéterminé), mais pas pour d'autres types de modification de l'image.

- 25 Jusqu'à présent, les turbocodes utilisés pour des images dans lesquelles un marquage est inséré visaient à protéger exclusivement le marquage lui-même, et non l'image. Sur ce point, on se reportera utilement à l'article de S. PEREIRA, S. VOLOSHYNOVSKI et T.PUN intitulé "*Effective channel coding for DCT watermarks*", paru dans International Conference on Image Processing, septembre 2000.

30 Par ailleurs, il est connu que les marqueurs insérés dans des images peuvent servir à estimer la qualité du canal. Sur ce sujet, on se reportera utilement à l'article de E. A. RATZER et D.J.C. MACKAY intitulé "*Codes for*

*channels with insertions, deletions and substitutions*", paru dans le 2<sup>nd</sup> international symposium on Turbo-codes & relative topics, Brest, France, septembre 2000.

5 Pour les turbocodes, le nombre d'itérations pour le décodage est généralement fixé, soit de façon empirique, soit en fonction d'un critère d'arrêt prédéterminé. Par exemple, le document US-A-5 761 248 décrit un critère d'arrêt pour les itérations d'un décodeur itératif basé sur l'entropie.

10 Une autre façon de fixer le nombre d'itérations consiste à envoyer une séquence connue au départ avant d'envoyer les données. Le décodage de la séquence pilote permet d'estimer le nombre d'itérations à faire. Cette 15 technique présente l'inconvénient de ne permettre d'effectuer l'estimation du nombre d'itérations qu'une seule fois, et non en continu.

15 La présente invention a pour but de remédier aux inconvénients précités, en utilisant un marquage connu du récepteur comme pilote dans des données à transmettre pour, une fois ce marquage décodé, obtenir une estimation de la qualité du canal de transmission et donc, en déduire le nombre 20 d'itérations nécessaires pour obtenir une qualité donnée de réception.

---

25 Dans ce but, la présente invention propose un procédé d'émission d'un signal numérique, remarquable en ce qu'il comporte des étapes suivant lesquelles :

- on effectue une opération de marquage, consistant à insérer un marqueur dans le signal numérique, de façon à obtenir un signal numérique marqué ;
- on effectue une opération de codage, consistant à coder le signal numérique marqué au moyen d'un codeur convolutif, de façon à obtenir un signal marqué codé ; et
- on effectue une opération d'émission, consistant à émettre le signal marqué codé.

30 Ainsi, l'invention permet de déterminer le nombre d'itérations nécessaires pour le décodage de l'image avec une qualité satisfaisante, en utilisant à la réception le marqueur inséré dans l'image comme un pilote.

Etant donné que les données et le marqueur traversent le canal de transmission en même temps, ils sont dégradés de la même façon. L'estimation du canal réalisée grâce au marqueur est donc, de ce fait, valable pour les données.

5 On obtient ainsi un critère d'arrêt permettant de savoir combien d'itérations il convient de faire.

En outre, le nombre d'itérations à effectuer est mis à jour en continu et au fur et à mesure.

10 Dans un mode particulier de réalisation, le codeur convolutif est un turbocodeur.

Les turbocodes offrent une meilleure protection des données contre les erreurs de transmission, dont le nombre non corrigé décroît très rapidement pour un faible accroissement du rapport signal sur bruit.

15 Dans un mode particulier de réalisation, on effectue en outre une opération de modulation, consistant à moduler le signal marqué codé avant l'opération d'émission.

20 Le signal modulé obtenu a des caractéristiques mieux adaptées aux conditions désirées d'utilisation. La modulation permet par exemple de transposer sans perte d'information le spectre d'un signal dans un autre domaine de fréquences pour s'adapter aux contraintes d'émission/réception (efficacité et dimension des antennes), satisfaire des conditions imposées par une voie de transmission (propagation, largeur de bande disponible) ou faciliter certaines opérations de traitement du signal.

25 La modulation permet par ailleurs d'assurer le partage d'un canal de communication entre plusieurs signaux transmis simultanément (multiplexage fréquentiel : allocation d'une bande de fréquence différente à chaque message transmis simultanément, multiplexage temporel : transmission séquentielle de valeurs échantillonnées de chaque message).

30 La modulation permet en outre d'obtenir l'amplification et le filtrage efficace de faibles signaux de basse fréquence en s'affranchissant, en particulier, du bruit de fond en 1/f.

La modulation permet aussi, par exemple :

- d'enregistrer des signaux dont le spectre s'étend jusqu'à la fréquence zéro, sur des supports magnétiques (enregistreurs de mesure),
- de modifier le spectre du signal émis afin d'améliorer les conditions de détection (radar) et d'immunité au bruit (modulations angulaire et 5 d'impulsions),
- de rendre la communication plus confidentielle et difficile à brouiller (système à étalement de bande),
- de faire varier une grandeur appropriée pour la commande ou le réglage automatique de machines ou de processus industriels.

10 Selon une caractéristique particulière, l'opération de modulation consiste à moduler le signal marqué codé au moyen d'une modulation de type QPSK.

15 La modulation de phase présente l'avantage d'accroître l'immunité au bruit au prix d'un élargissement de la bande occupée par le spectre du signal modulé (c'est une opération non linéaire), en modifiant proportionnellement au signal modulant la phase ou la fréquence de la porteuse sinusoïdale, au lieu d'augmenter la puissance du signal émis.

---

En variante, l'opération de modulation consiste à moduler le signal marqué codé au moyen d'une modulation de type OFDM.

20 La modulation OFDM offre l'avantage de répartir le signal à transmettre sur un grand nombre de sous-porteuses en parallèle, individuellement modulées à bas débit par une fraction seulement des données à transmettre. Le débit étant bas pour chaque sous-porteuse individuelle, chaque bande passante associée est plus petite que la bande passante 25 globale, et donc, les caractéristiques d'amplitude et de phase risquent moins de varier sur le spectre des fréquences constituant chaque bande passante individuelle. On peut ainsi offrir une bonne qualité de transmission à haut débit, au prix évidemment d'une multiplication des ressources employées.

30 Selon une caractéristique particulière, l'opération de marquage utilise une technique du type fragile ou semi-fragile.

Cela rend possible la caractérisation des pertes d'information dues à la transmission.

Dans un mode particulier de réalisation, le signal numérique est un signal d'image.

Le domaine du traitement d'image constitue en effet une application privilégiée de l'invention.

5        Dans le même but que celui indiqué plus haut, la présente invention propose également un dispositif d'émission d'un signal numérique, remarquable en ce qu'il comporte :

- une unité de marquage, pour insérer un marqueur dans le signal numérique, l'unité de marquage fournissant en sortie un signal numérique 10 marqué ;
  - une unité de codage, pour coder le signal numérique marqué au moyen d'un codeur convolutif, l'unité de codage fournissant en sortie un signal marqué codé ; et
  - un module d'émission, pour émettre le signal marqué codé.

15        Les caractéristiques particulières et avantages du dispositif d'émission étant les mêmes que ceux du procédé d'émission, ils ne sont pas rappelés ici.

20        Toujours dans le même but, la présente invention propose en outre un procédé de décodage d'un signal numérique reçu, ce signal numérique ayant été marqué par un marqueur connu, remarquable en ce qu'il comporte des étapes suivant lesquelles :

- on effectue une opération de décodage, consistant à décoder au moins une partie du signal numérique au moyen d'un décodeur itératif paramétrable ;
- on effectue une opération d'extraction de marqueur, consistant à extraire le marqueur du signal décodé ;
- on effectue une opération de comparaison, consistant à comparer le marqueur extrait avec le marqueur connu ; et
- on effectue une opération de modification, consistant à modifier si nécessaire au moins un paramètre du décodage en fonction du résultat de la comparaison.

On utilise ainsi le marqueur connu inséré dans les données comme un pilote permettant de paramétrier le décodage en vue d'améliorer celui-ci.

Selon une caractéristique particulière, à l'issue de l'opération d'extraction et de comparaison de marqueur :

5            - on effectue une opération de calcul du nombre d'itérations, consistant à déterminer un nombre d'itérations à appliquer au décodage, à partir du résultat de la comparaison du marqueur effectuée précédemment ; et

              - on effectue une opération d'ajustement du décodage, consistant à appliquer lors du décodage le nombre d'itérations déterminé précédemment.

10           L'invention permet ainsi de déterminer le nombre d'itérations le plus approprié pour le décodage grâce au marqueur connu inséré dans les données.

Dans un mode particulier de réalisation, l'opération de décodage est une opération de décodage partiel, consistant à décoder les données au moyen d'un décodeur itératif, en appliquant une itération ou une demi-itération, de 15 façon à obtenir un signal numérique partiellement décodé marqué, et en ce que, à l'issue de l'opération d'extraction et de comparaison de marqueur :

              - on effectue une opération de test de qualité, consistant à tester si la qualité du marqueur extrait est satisfaisante ; et

              - tant que la qualité n'est pas satisfaisante, on effectue une itération 20 ou demi-itération supplémentaire dans le décodage, de façon à obtenir finalement le nombre optimal d'itérations ou de demi-itérations à appliquer.

Cela permet de ne faire que le nombre exact d'itérations ou demi-itérations nécessaires ; c'est un ajustement au fur et à mesure.

25           Dans un mode particulier de réalisation, le décodeur itératif est un turbodécodeur.

Ce mode particulier de réalisation présente les mêmes avantages que l'utilisation d'un turbocodeur à l'émission.

Dans une application privilégiée de l'invention, le signal numérique est un signal d'image.

30           Toujours dans le même but, la présente invention propose également un procédé de réception d'un signal numérique, remarquable en ce qu'il comporte des étapes suivant lesquelles :

- on effectue une opération de réception, consistant à recevoir des symboles modulés ;

5 - on effectue une opération de démodulation, consistant à démoduler les symboles modulés reçus, de façon à obtenir des données démodulées ; et

10 - on effectue une opération de décodage, consistant à décoder les données démodulées en utilisant un procédé de décodage tel que ci-dessus.

L'opération de démodulation peut consister à appliquer une démodulation correspondant à une modulation de type QPSK, ou bien à une 15 modulation de type OFDM.

Toujours dans le même but, la présente invention propose en outre un dispositif de décodage d'un signal numérique reçu, ce signal numérique ayant été marqué par un marqueur connu, remarquable en ce qu'il comporte :

15 - un module de décodage, pour décoder au moins une partie du signal numérique au moyen d'un décodeur itératif paramétrable ;

- une unité d'extraction de marqueur, pour extraire le marqueur du signal décodé ;

- une unité de comparaison, pour comparer le marqueur extrait avec le marqueur connu ; et

20 - une unité de modification, pour modifier au moins un paramètre du décodage en fonction du résultat de la comparaison.

Les caractéristiques particulières et avantages du dispositif de décodage étant similaires à ceux du procédé de décodage, ils ne sont pas rappelés ici.

25 Toujours dans le même but, la présente invention propose aussi un dispositif de réception d'un signal numérique, remarquable en ce qu'il comporte :

- une unité de réception, pour recevoir des symboles modulés ;

- une unité de démodulation, pour démoduler les symboles modulés

30 reçus, l'unité de démodulation fournissant en sortie des données démodulées ; et

- une unité de décodage, pour décoder les données démodulées au moyen d'un dispositif de décodage tel que ci-dessus.

La présente invention vise aussi un appareil de traitement de signaux numériques, comportant des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé 5 d'émission et/ou un procédé de décodage tels que ci-dessus.

La présente invention vise aussi un appareil de traitement de signaux numériques, comportant un dispositif d'émission et/ou un dispositif de décodage tels que ci-dessus.

La présente invention vise aussi un réseau de télécommunications, 10 comportant des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé d'émission et/ou un procédé de réception tels que ci-dessus.

La présente invention vise aussi un réseau de télécommunications, comportant un dispositif d'émission et/ou un dispositif de réception tels que ci-dessus.

15 La présente invention vise aussi une station mobile dans un réseau de télécommunications, comportant des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé d'émission et/ou un procédé de réception tels que ci-dessus.

---

La présente invention vise aussi une station mobile dans un réseau de télécommunications, comportant un dispositif d'émission et/ou un dispositif 20 de réception tels que ci-dessus.

La présente invention vise aussi une station de base dans un réseau de télécommunications, comportant des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé d'émission et/ou un procédé de réception tels que ci-dessus.

25 La présente invention vise aussi une station de base dans un réseau de télécommunications, comportant un dispositif d'émission et/ou un dispositif de réception tels que ci-dessus.

L'invention vise aussi :

- un moyen de stockage d'informations lisible par un ordinateur ou un microprocesseur conservant des instructions d'un programme informatique, 30 permettant la mise en œuvre d'un procédé d'émission et/ou d'un procédé de réception tels que ci-dessus, et

- un moyen de stockage d'informations amovible, partiellement ou totalement, lisible par un ordinateur ou un microprocesseur conservant des instructions d'un programme informatique, permettant la mise en œuvre d'un procédé d'émission et/ou d'un procédé de réception tels que ci-dessus.

5 L'invention vise aussi un produit programme d'ordinateur comportant des séquences d'instructions pour mettre en œuvre un procédé d'émission et/ou un procédé de décodage tels que ci-dessus.

Les caractéristiques particulières et avantages du procédé et du dispositif de réception, des différents appareils de traitement de signaux 10 numériques, des différents réseaux de télécommunications, des différentes stations mobiles, des moyens de stockage d'informations et du produit programme d'ordinateur étant les mêmes que ceux du procédé d'émission selon l'invention, ces caractéristiques particulières et avantages ne sont pas rappelés ici.

15 D'autres aspects et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit de modes particuliers de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs. La description se réfère aux dessins qui l'accompagnent, dans lesquels :

- la figure 1, déjà décrite, représente de façon schématique la 20 structure d'un turbocodeur classique ;

- la figure 2, déjà décrite, représente de façon schématique la structure d'un turbodécodeur classique ;

- la figure 3 représente de façon schématique un dispositif d'émission conforme à la présente invention, dans un mode particulier de 25 réalisation ;

- la figure 4 illustre de façon schématique le fonctionnement d'un système de marquage d'image ou watermarking classique ;

- la figure 5 illustre schématiquement une technique de marquage d'image susceptible d'être utilisée dans la présente invention ;

30 - la figure 6 illustre schématiquement une technique d'extraction de marque dans une image marquée par une technique telle que celle illustrée sur la figure 5 ;

- la figure 7 représente de façon schématique un dispositif de réception conforme à la présente invention, dans un mode particulier de réalisation ;

5 - la figure 8 est un organigramme illustrant les principales étapes du procédé d'émission conforme à la présente invention, dans un mode particulier de réalisation ;

- la figure 9 est un organigramme illustrant les principales étapes du procédé de réception conforme à la présente invention, dans un mode particulier de réalisation ;

10 - la figure 10 est un organigramme illustrant les principales étapes du procédé de réception conforme à la présente invention, dans une variante de réalisation ;

- la figure 11 représente de façon schématique un réseau de télécommunications conforme à la présente invention, dans un mode particulier de réalisation ;

15 - la figure 12 représente de façon schématique une station mobile d'un réseau de télécommunications tel que celui de la figure 11, utilisée pour l'émission conformément à la présente invention, dans un mode particulier de réalisation ; et

20 - la figure 13 représente de façon schématique une station mobile d'un réseau de télécommunications tel que celui de la figure 11, utilisée pour la réception conformément à la présente invention, dans un mode particulier de réalisation.

Comme le montre la **figure 3**, un dispositif d'émission conforme à la présente invention comporte un module 31 d'insertion d'un marqueur, qui reçoit en entrée des données source et qui produit un flux de données correspondant aux données source dans lesquelles est inséré un certain marqueur ou pilote, connu du récepteur.

30 Les méthodes de marquage utilisées dans la présente invention sont du type fragile ou semi-fragile, de façon à pouvoir caractériser les pertes d'information dues à la transmission.

Le flux de données produit par le module 31 est fourni en entrée à un turbocodeur 33, avant d'être émis sur un canal de transmission par l'intermédiaire d'un module radio 35 et d'une antenne 37.

Le marqueur (en anglais "watermark") est une information supplémentaire, consistant en un ou plusieurs bits d'information agencés selon un ordre prédéterminé, cette information étant insérée de façon imperceptible dans les données source. De façon classique, un système de watermarking est constitué de deux parties : une partie qui effectue l'insertion de la marque, qu'on appelle aussi parfois codeur, et une partie qui effectue l'extraction de la marque, qu'on appelle aussi décodeur.

Le schéma fonctionnel global du watermarking est rappelé sur la **figure 4**. I est l'image originale, I' est l'image marquée, K est une clé secrète et W est l'information insérée.

Après traitement (compression, transmission, etc.), on obtient au décodeur une image  $I''$  qui est une version de l'image marquée  $I'$  ayant subi d'éventuelles modifications. Une clé  $K'$  est nécessaire pour extraire la marque. Dans la plupart des méthodes,  $K' = K$ . On extrait une version estimée de la marque  $W$ , notée  $W'$ . Notons que la clé est utilisée lorsqu'on souhaite rendre le piratage de la marque plus difficile. Ce paramètre est optionnel si la sécurisation n'est pas nécessaire et ne sera pas utilisé ici.

Pour l'invention, on suppose que l'information insérée  $W$  est totalement connue au décodeur et, comme on le verra plus loin, on ajoute une étape d'estimation du marqueur qui a pour but d'exploiter la comparaison de  $W$  et  $W'$  pour évaluer la qualité de l'image reçue.

On décrit maintenant à titre d'exemples non limitatifs deux techniques de marquage susceptibles d'être appliquées dans le cadre de la présente invention.

Selon une première technique de marquage illustrée sur la **figure 5**, on applique l'insertion de la marque sur un ensemble de coefficients spatio-fréquentiels obtenus par découpage de l'image en blocs (étape 50) et application d'une transformée en cosinus discret (en anglais "Discrete Cosine Transform", DCT) sur chaque bloc (étape 52).

Cette technique est en particulier utilisée dans la norme de compression JPEG, avec des blocs de taille  $8 \times 8$ .  $W$  est une imagette binaire (un logo, un ensemble de valeurs pseudo-aléatoires) de taille  $(M/8) \times (N/8)$  si l'image  $I$  est de taille  $M \times N$ .

5       Après l'application de la DCT, on insère la marque  $W$  (étape 54). Il est à noter que si on souhaite réaliser un marquage compatible avec une compression de l'image numérique, l'étape 52 est suivie d'une étape de quantification scalaire, coefficient par coefficient. L'insertion de la marque se fait alors dans les coefficients quantifiés/déquantifiés.

10      Pour chaque bloc DCT, on présélectionne un ensemble de coefficients dont la valeur absolue est supérieure à une valeur de seuil prédéterminée. On associe un bit de la marque  $W$  à chaque bloc DCT, par correspondance spatiale, c'est-à-dire que si on associe un indice à l'ordre de balayage vidéo, on insère le bit  $w_k$  dans le  $k^{\text{ème}}$  bloc DCT.

15      L'insertion proprement dite se fait en deux étapes :

- pour chaque coefficient sélectionné, on calcule un bit de contrôle à partir des bits de poids fort qui représentent la valeur du coefficient. Par exemple, si le coefficient est codé sur 12 bits, on prend la parité de la somme des 10 bits de poids fort ;

20      - ensuite, on remplace le bit de poids faible (en anglais LSB, "Least Significant Bit") par le résultat de l'opération OU exclusif (notée XOR) entre  $w_k$  et le bit de contrôle dépendant du coefficient courant.

Cette opération est répétée pour tous les coefficients sélectionnés dans chaque bloc traité.

25      Puis, lors d'une étape 56, on effectue une transformation en cosinus discret inverse sur chaque bloc. On obtient alors une image marquée  $I'$ .

Au décodeur, on applique les étapes illustrées sur la **figure 6**.

On applique à nouveau des étapes 60 de découpage en blocs et 62 de DCT par blocs. On applique également le même critère de présélection des 30 coefficients qui sont supposés avoir été marqués au codage.

Ensuite, lors d'une étape 63, on effectue l'extraction proprement dite de la marque. Pour chaque coefficient choisi dans chaque bloc DCT, on

recalcule le bit de contrôle en appliquant exactement la même formule de calcul qu'au codage, à savoir, par exemple, la parité de la somme des bits de poids fort.

La valeur estimée  $\hat{w}'_k$  de la marque est égale au résultat de 5 l'opération OU exclusif entre le bit de poids faible du coefficient traité et le bit de contrôle.

Pour évaluer la marque extraite  $W'$ , par comparaison avec la marque connue  $W$ , on peut calculer un pourcentage de valeurs binaires extraites  $w'_k$  qui sont erronées.

10 Pour chaque bloc DCT, on peut avoir plusieurs valeurs extraites, en fonction du nombre de coefficients présélectionnés dans ce bloc.

On connaît par ailleurs la vraie valeur  $w_k$ . Si on souhaite obtenir une très haute qualité de reconstruction, on peut décider que la valeur extraite pour le bit inséré  $w_k$  est erronée dès qu'une des valeurs extraites correspondantes 15 est erronée.

Alternativement, si on souhaite obtenir une qualité moyenne, on peut d'abord faire un choix majoritaire et estimer que le résultat est erroné si la majorité des valeurs extraites est erronée. On obtient ainsi, pour chaque bit de  $W$ , un diagnostic selon que la valeur extraite est correcte ou erronée.

20 L'évaluation de la qualité de la marque extraite  $W'$  par rapport à la marque connue  $W$  peut consister simplement à calculer le pourcentage de valeurs extraites erronées. Si ce pourcentage est supérieur ou égal à 50 %, il convient d'ajouter des itérations au décodeur pour améliorer la qualité du décodage.

25 Il est à noter que la qualité de la marque extraite  $W'$  peut être évaluée spatialement. On peut éventuellement alors décider d'itérer le décodage seulement sur des sous-parties des données qui auraient été particulièrement mal décodées.

Une deuxième technique de marquage susceptible d'être utilisée, 30 exposée dans le document EP-A-1 043 687 va maintenant être décrite.

Il s'agit d'une méthode de type "spread-spectrum" où un ensemble de coefficients de l'image est modifié par addition d'un signal pseudo-aléatoire

pour insérer chaque bit d'information. L'avantage de cette méthode est que le décodage de la marque se fait par un test statistique, qui permet d'associer d'emblée une probabilité d'erreur.

5 Supposons par exemple qu'on insère un seul bit d'information dans l'image, égal à 1, qui représente la présence de la marque. On peut généraliser facilement au cas où on cherche à insérer plusieurs bits d'information.

Le principe d'insertion/extraction de la marque est le suivant. On considère un ensemble de  $N$  coefficients représentatifs de l'image (dans le domaine spatial ou un domaine transformé), notés  $X_i$ ,  $1 \leq i \leq N$ , lus dans un 10 ordre prédéterminé. On fait un tirage de  $N$  nombres pseudo-aléatoires de loi connue (par exemple loi uniforme sur  $[-1, 1]$ ), notés  $n_i$ , et on applique la formule suivante :

$$X'_i = X_i + \alpha_i \cdot n_i, \quad 1 \leq i \leq N \quad (1)$$

15 Les coefficients pondérateurs  $\alpha_i$  sont calculés en fonction de considérations sur la visibilité de la marque insérée.

Le décodage s'effectue par un test sur la corrélation entre un ensemble de coefficients testés  $X'_i$  et le même signal pseudo-aléatoire qu'au codeur. Notons  $Y_i = X'_i \cdot n_i$ . Si l'insertion de la marque a bien été faite comme ci-dessus, la moyenne de  $Y = (Y_1, \dots, Y_i, \dots, Y_N)$  doit tendre vers  $E(\alpha_i \cdot n_i^2)$ , où  $E$  20 désigne l'espérance mathématique. Or les pondérations étant positives, cette valeur est calculable et éloignée de 0. Si au contraire la marque n'a pas été insérée, la moyenne de  $Y$  doit tendre vers 0.

25 On applique un test statistique sur la moyenne de  $Y$ , comme décrit dans l'ouvrage de PAPOULIS intitulé "Probability and statistics", éditions Prentice Hall :

$$t = \frac{E[Y]}{\sigma_Y} \sqrt{N} \quad (2)$$

où  $\sigma_Y$  est l'écart-type de  $Y$ .

La valeur du test suit une loi gaussienne normalisée, centrée autour de 0 si la marque n'a pas été insérée (hypothèse  $H_0$ ) et centrée autour d'une 30 valeur  $m$  non nulle si la marque a été insérée (hypothèse  $H_1$ ). On peut donc

caractériser la probabilité d'erreur par rapport à l'hypothèse  $H_0$  et fixer un seuil  $T_d$  de limite de détection.

On applique cette méthode ici de la façon suivante. Au codeur, on effectue une recherche récursive (décrise dans le document EP-A-1 043 687) 5 d'un bloc de l'image de taille minimum pour lequel un critère de détection est validé. Le critère de détection est  $t \geq T_i$ , où  $T_i$  est une valeur prédéterminée. On choisit avantageusement  $T_i$  grand, par exemple égal à 10 ou 15. On applique l'insertion comme indiqué dans la formule (1) donnée plus haut.

Au décodeur, on applique l'algorithme de recherche du bloc sur 10 lequel la marque a été insérée comme indiqué dans le document EP-A-1 043 687, avec un seuil de décodage  $T_d$  tel que  $T_d < T_i$ . Par exemple,  $T_d = 4$ .

Au moment du décodage, on calcule le test de détection sur les données reçues comme indiqué par l'équation (2) donnée ci-dessus.

15 La valeur réelle de la variable  $t$  est un bon estimateur de la qualité de l'extraction de la marque.

Si on ne trouve pas de bloc de l'image sur lequel  $T_d \leq t \leq T_i$ , on peut en déduire immédiatement que la qualité du décodage est insuffisante.

20 Si on trouve le support sur lequel on a inséré, on peut juger de la qualité de l'extraction par rapport à la position de  $t$  dans l'intervalle  $[T_d, T_i]$  et on peut décider des itérations supplémentaires en conséquence.

25 Par exemple, on peut associer la distance normalisée entre  $t$  et  $T_i$  à une quantification de la qualité des données. Par exemple, si cette distance est comprise entre 0 et 10 %, on ne procède pas à une nouvelle itération au turbodécodage ; si elle est comprise entre 10 % et 20 %, on procède à une itération supplémentaire, et ainsi de suite.

30 Comme le montre la **figure 7**, lors de la réception, les données inconnues reçues par l'intermédiaire d'une antenne 71 et d'une unité radiofréquence 73, sont d'abord décodées par un turbodecodeur 75 avec un certain nombre d'itérations, par exemple 4, cet exemple n'étant nullement limitatif. Ensuite, le marqueur est extrait des données et comparé avec sa version non transmise qui est connue, dans une unité 77 d'extraction et de

comparaison du marqueur. En fonction des résultats de cette comparaison, le nombre d'itérations du turbodécodeur est éventuellement modifié et tient compte de la qualité du canal.

Le procédé d'émission conforme à la présente invention, dans un 5 mode de réalisation préféré, est illustré sur la **figure 8**.

Au cours d'une première étape 80, on insère un marqueur dans les données à transmettre à l'aide d'un codeur de marquage, au moyen d'une des techniques décrites plus haut.

Puis au cours d'une étape 82, on code les données marquées au 10 moyen d'un turbocodeur.

Ensuite, lors d'une étape 84, on module les données obtenues à l'issue de l'étape 82, par exemple par une modulation QPSK ou une modulation OFDM.

On obtient ainsi des symboles modulés, qui sont émis au cours d'une 15 étape 86.

Le procédé de réception conforme à la présente invention, dans un mode de réalisation préféré, est illustré sur la **figure 9**.

---

Une première étape 90 consiste à recevoir des symboles modulés, par exemple des symboles QPSK ou des symboles OFDM, émis par l'émetteur.

20 Ces symboles sont ensuite démodulés au cours d'une étape 92.

Une étape 94 consiste ensuite à turbodécoder les données reçues et démodulées, par exemple avec 4 itérations, cet exemple n'étant nullement limitatif.

25 Au cours d'une étape 96, le marqueur est extrait et comparé avec sa version parfaite connue du récepteur.

Puis lors d'une étape 98, le nombre d'itérations effectivement nécessaires est calculé en fonction de l'estimation du marqueur faite à l'étape précédente.

30 Enfin, lors d'une étape 99, on effectue le turbodécodage des données avec le nombre d'itérations calculé à l'étape 98.

La **figure 10** illustre une variante du procédé de réception de l'invention.

Dans cette variante, l'étape 100 de réception et l'étape 102 de démodulation sont respectivement identiques aux étapes 90 et 92 du mode de réalisation de la figure 9.

Une étape 104 consiste ensuite à turbodécoder les données reçues 5 et démodulées avec une première itération ou demi-itération. On rappelle ici qu'une itération complète correspond au passage des données au travers des deux décodeurs du turbodécodeur (voir figure 2), tandis qu'une demi-itération correspond au passage des données au travers d'un seul décodeur.

Au cours de chaque itération ou même demi-itération de décodage, à 10 l'étape 106, le marqueur est extrait et comparé avec sa version parfaite connue du récepteur.

Au cours d'un test 108, on teste si la qualité souhaitée est ou non atteinte et, tant que ce n'est pas le cas, on continue d'itérer par itération complète ou demi-itération par l'étape 110.

15 Quand une qualité satisfaisante est obtenue, on arrête le décodage et on conserve le nombre d'itérations effectivement réalisées. Les données turbodécodées avec ce nombre d'itérations ou demi-itérations sont ensuite délivrées en sortie lors de l'étape 112.

20 Comme le montre la **figure 11**, un réseau selon l'invention est constitué d'une station dite station de base SB désignée par la référence 64, et de plusieurs stations périphériques SPi,  $i = 1, \dots, M$ ,  $M$  étant un entier supérieur ou égal à 1, respectivement désignées par les références  $66_1, 66_2, \dots, 66_M$ . Les stations périphériques  $66_1, 66_2, \dots, 66_M$  sont éloignées de la station de base SB, reliées chacune par une liaison radio avec la station de base SB et 25 susceptibles de se déplacer par rapport à cette dernière.

Le schéma bloc de la **figure 12** représente une vue plus détaillée d'une station périphérique SPi,  $i = 1, \dots, M$  selon l'invention qui comprend une source de données 20 et un dispositif d'émission 22.

30 La station périphérique SPi comporte par exemple une caméra numérique, un ordinateur, une imprimante, un serveur, un télécopieur, un scanner ou un appareil photographique numérique.

Le dispositif d'émission 22 comprend une unité de traitement de données 24 comprenant une unité de calcul CPU (en anglais "Central Processing Unit") 26, un moyen de stockage temporaire des données 28 (mémoire RAM), un moyen de stockage de données 30 (mémoire ROM), des moyens de saisie de caractères 32, tels qu'un clavier par exemple, des moyens de restitution d'image 34 tels qu'un écran par exemple, et des moyens d'entrée/sortie 36.

La RAM 28 contient, dans différents registres :

- des données d'entrée "data1\_in", provenant de la source de données 20 ;
- des données de sortie "data1\_out", obtenues à l'issue du déroulement du procédé d'émission de l'invention ;
- les éléments courants des suites de bits x, y1, y2 provenant du turbocodeur, dans un mode particulier de réalisation où le turbocodeur comporte deux parités ; et
- la marque W à insérer dans les données.

La station périphérique SPi comprend également un bloc d'émission 38 et un module radio 40 comportant un émetteur connu avec un ou plusieurs modulateurs, des filtres et une antenne radio (non représentés).

Le dispositif d'émission 22, grâce au programme "Pe", stocké en ROM 30 et dont la séquence d'instructions correspond aux étapes du procédé d'émission de l'invention, est apte à exécuter les étapes du procédé d'émission illustrées en figure 8.

La station périphérique SPi selon l'invention comprend par ailleurs, comme le montre la **figure 13**, un dispositif de réception 70 qui est constitué d'une unité de traitement de données correspondant à l'unité de traitement de données 24 déjà décrite en référence à la figure 12, d'un bloc de réception 72 et du module radio 40 avec son antenne tel que représenté en figure 12.

Dans le dispositif de réception 70, la RAM 28 contient, dans différents registres :

- des données d'entrée "data2\_in", provenant de l'émetteur, après passage dans un canal de transmission ;

- des données de sortie "data2\_out", obtenues à l'issue du déroulement du procédé de réception de l'invention, dans l'un quelconque de ses modes de réalisation ; et
- les estimées  $\hat{x}, \hat{y}_1, \hat{y}_2$  correspondant aux éléments courants des suites de bits  $x, y_1, y_2$  qui proviennent du turbocodeur utilisé par l'émetteur.

Le dispositif de réception 70, grâce à la marque W mémorisée dans la ROM 30 et grâce aux programmes "P1" et "P2" stockés en ROM 30 et dont les séquences d'instructions correspondent respectivement aux étapes du procédé de réception conforme à l'invention dans ses deux modes de réalisation, est apte à exécuter, soit les étapes du mode de réalisation illustré en figure 9, soit les étapes du mode de réalisation illustrées en figure 10.

REVENDICATIONS

1. Procédé d'émission d'un signal numérique, caractérisé en ce qu'il comporte des étapes suivant lesquelles :
  - 5 - on effectue une opération de marquage (80), consistant à insérer un marqueur (W) dans le signal numérique, de façon à obtenir un signal numérique marqué ;
    - on effectue une opération de codage (82), consistant à coder le signal numérique marqué au moyen d'un codeur convolutif, de façon à obtenir 10 un signal marqué codé ; et
      - on effectue une opération d'émission (86), consistant à émettre ledit signal marqué codé.
  2. Procédé d'émission selon la revendication 1, caractérisé en ce que le codeur convolutif est un turbocodeur.
  - 15 3. Procédé d'émission selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce qu'on effectue en outre une opération de modulation (84), consistant à moduler le signal marqué codé avant l'opération d'émission.
  4. Procédé d'émission selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'opération de modulation (84) consiste à moduler le signal marqué codé au 20 moyen d'une modulation de type QPSK.
  5. Procédé d'émission selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'opération de modulation (84) consiste à moduler le signal marqué codé au moyen d'une modulation de type OFDM.
  6. Procédé d'émission selon l'une quelconque des revendications 25 précédentes, caractérisé en ce que l'opération de marquage (80) utilise une technique du type fragile ou semi-fragile.
  7. Procédé d'émission selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que ledit signal numérique est un signal d'image.
  - 30 8. Dispositif d'émission d'un signal numérique, caractérisé en ce qu'il comporte :

- des moyens (31) de marquage, pour insérer un marqueur (W) dans le signal numérique, lesdits moyens (31) de marquage fournissant en sortie un signal numérique marqué ;
- des moyens (33) de codage, pour coder le signal numérique marqué au moyen d'un codeur convolutif, lesdits moyens (33) de codage fournissant en sortie un signal marqué codé ; et
- des moyens (37) d'émission, pour émettre ledit signal marqué codé.

9. Dispositif d'émission selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le codeur convolutif est un turbocodeur.

10. Dispositif d'émission selon la revendication 8 ou 9, caractérisé en ce qu'il comporte en outre des moyens (35) de modulation pour moduler le signal marqué codé.

11. Dispositif d'émission selon la revendication 10, caractérisé en ce que les moyens (35) de modulation modulent le signal marqué codé au moyen d'une modulation de type QPSK.

12. Dispositif d'émission selon la revendication 10, caractérisé en ce que les moyens (35) de modulation modulent le signal marqué codé au moyen d'une modulation de type OFDM.

13. Dispositif d'émission selon l'une quelconque des revendications 8 à 12, caractérisé en ce que les moyens (31) de marquage utilisent une technique du type fragile ou semi-fragile.

14. Dispositif d'émission selon l'une quelconque des revendications 8 à 13, caractérisé en ce que ledit signal numérique est un signal d'image.

15. Procédé de décodage d'un signal numérique reçu, ledit signal numérique ayant été marqué par un marqueur connu, caractérisé en ce qu'il comporte des étapes suivant lesquelles :

- on effectue une opération de décodage (94), consistant à décoder au moins une partie du signal numérique au moyen d'un décodeur itératif paramétrable ;
- on effectue une opération d'extraction de marqueur (96), consistant à extraire le marqueur du signal décodé ;

- on effectue une opération de comparaison, consistant à comparer le marqueur extrait avec le marqueur connu ; et

- on effectue une opération de modification, consistant à modifier si nécessaire au moins un paramètre du décodage en fonction du résultat de la

5 comparaison.

16. Procédé de décodage selon la revendication précédente, caractérisé en ce que, à l'issue de l'opération d'extraction et de comparaison de marqueur :

- on effectue une opération de calcul du nombre d'itérations (98),  
10 consistant à déterminer un nombre d'itérations à appliquer au décodage, à partir du résultat de la comparaison du marqueur effectuée précédemment ; et

- on effectue une opération d'ajustement du décodage (99), consistant à appliquer lors du décodage le nombre d'itérations déterminé précédemment.

15 17. Procédé de décodage selon la revendication 15 ou 16, caractérisé en ce que l'opération de décodage est une opération de décodage partiel (104), consistant à décoder les données au moyen d'un décodeur itératif, en appliquant une itération ou une demi-itération, de façon à obtenir un signal numérique partiellement décodé marqué, et en ce que, à l'issue de l'opération d'extraction et de comparaison de marqueur (106) :

- on effectue une opération de test de qualité (108), consistant à tester si la qualité du marqueur extrait est satisfaisante ; et

- tant que la qualité n'est pas satisfaisante, on effectue (110) une itération ou demi-itération supplémentaire dans le décodage, de façon à obtenir 25 finalement (112) le nombre optimal d'itérations ou de demi-itérations à appliquer.

18. Procédé de décodage selon la revendication 15, 16 ou 17, caractérisé en ce que le décodeur itératif est un turbodécodeur.

19. Procédé de décodage selon l'une quelconque des revendications 30 15 à 18, caractérisé en ce que le signal numérique est un signal d'image.

20. Procédé de réception d'un signal numérique, caractérisé en ce qu'il comporte des étapes suivant lesquelles :

- on effectue une opération de réception (90), consistant à recevoir des symboles modulés ;

- on effectue une opération de démodulation (92), consistant à démoduler les symboles modulés reçus, de façon à obtenir des données démodulées ; et

- on effectue une opération de décodage, consistant à décoder les données démodulées en utilisant un procédé de décodage selon l'une quelconque des revendications 15 à 19.

21. Procédé de réception selon la revendication 20, caractérisé en ce que l'opération de démodulation (92 ; 102) consiste à appliquer une démodulation correspondant à une modulation de type QPSK.

22. Procédé de réception selon la revendication 20, caractérisé en ce que l'opération de démodulation (92 ; 102) consiste à appliquer une démodulation correspondant à une modulation de type OFDM.

23. Dispositif de décodage d'un signal numérique reçu, ledit signal numérique ayant été marqué par un marqueur connu, caractérisé en ce qu'il comporte :

- des moyens (75) de décodage, pour décoder au moins une partie du signal numérique au moyen d'un décodeur itératif paramétrable ;

- des moyens (77) d'extraction de marqueur, pour extraire le marqueur du signal décodé ;

- des moyens de comparaison, pour comparer le marqueur extrait avec le marqueur connu ; et

- des moyens de modification, pour modifier si nécessaire au moins un paramètre du décodage en fonction du résultat de la comparaison.

24. Dispositif de décodage selon la revendication précédente, caractérisé en ce qu'il comporte en outre :

- des moyens de calcul du nombre d'itérations, pour déterminer un nombre d'itérations à appliquer au décodage, à partir du résultat de la comparaison du marqueur effectuée précédemment ; et

- des moyens d'ajustement du décodage, pour appliquer lors du décodage le nombre d'itérations déterminé précédemment.

25. Dispositif de décodage selon la revendication 23 ou 24, caractérisé en ce que les moyens de décodage sont des moyens de décodage partiel, pour décoder les données au moyen d'un décodeur itératif, en appliquant une itération ou une demi-itération, les moyens de décodage partiel 5 fournissant en sortie un signal numérique partiellement décodé marqué ; et en ce que le dispositif de réception comporte en outre :

- des moyens de test de qualité, pour tester si la qualité du marqueur extrait est satisfaisante ;

lesdits moyens de décodage partiel effectuant, tant que la qualité n'est pas 10 satisfaisante, une itération ou demi-itération supplémentaire dans le décodage, de façon à fournir finalement le nombre optimal d'itérations ou de demi-itérations à appliquer.

26. Dispositif de décodage selon la revendication 23, 24 ou 25, caractérisé en ce que le décodeur itératif est un turbodécodeur.

15 27. Dispositif de décodage selon l'une quelconque des revendications 23 à 26, caractérisé en ce que le signal numérique est un signal d'image.

---

28. Dispositif de réception d'un signal numérique, caractérisé en ce qu'il comporte :

20 - des moyens (71) de réception, pour recevoir des symboles modulés ;

- des moyens (73) de démodulation, pour démoduler les symboles modulés reçus, les moyens de démodulation fournissant en sortie des données démodulées ; et

25 - des moyens de décodage, pour décoder les données démodulées au moyen d'un dispositif de décodage selon l'une quelconque des revendications 23 à 27.

29. Dispositif de réception selon la revendication 28, caractérisé en ce que les moyens (73) de démodulation appliquent une démodulation 30 correspondant à une modulation de type QPSK.

30. Dispositif de réception selon la revendication 28, caractérisé en ce que les moyens (73) de démodulation appliquent une démodulation correspondant à une modulation de type OFDM.

5 31. Appareil de traitement de signaux numériques, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé d'émission selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.

32. Appareil de traitement de signaux numériques, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé de décodage selon l'une quelconque des revendications 15 à 19.

10 33. Appareil de traitement de signaux numériques, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif d'émission selon l'une quelconque des revendications 8 à 14.

15 34. Appareil de traitement de signaux numériques, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de décodage selon l'une quelconque des revendications 23 à 27.

35. Réseau de télécommunications, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé d'émission selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.

20 36. Réseau de télécommunications, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé de réception selon l'une quelconque des revendications 20 à 22.

37. Réseau de télécommunications, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif d'émission selon l'une quelconque des revendications 8 à 14.

25 38. Réseau de télécommunications, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif de réception d'information selon l'une quelconque des revendications 28 à 30.

39. Station mobile dans un réseau de télécommunications, caractérisée en ce qu'elle comporte des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé d'émission selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.

30 40. Station mobile dans un réseau de télécommunications, caractérisée en ce qu'elle comporte des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé de réception selon l'une quelconque des revendications 20 à 22.

41. Station mobile dans un réseau de télécommunications, caractérisée en ce qu'elle comporte un dispositif d'émission selon l'une quelconque des revendications 8 à 14.

5 42. Station mobile dans un réseau de télécommunications, caractérisée en ce qu'elle comporte un dispositif de réception selon l'une quelconque des revendications 28 à 30.

43. Station de base dans un réseau de télécommunications, caractérisée en ce qu'elle comporte des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé d'émission selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.

10 44. Station de base dans un réseau de télécommunications, caractérisée en ce qu'elle comporte des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé de réception selon l'une quelconque des revendications 20 à 22.

15 45. Station de base dans un réseau de télécommunications, caractérisée en ce qu'elle comporte un dispositif d'émission selon l'une quelconque des revendications 8 à 14.

46. Station de base dans un réseau de télécommunications, caractérisée en ce qu'elle comporte un dispositif de réception selon l'une quelconque des revendications 28 à 30.

---

1/6

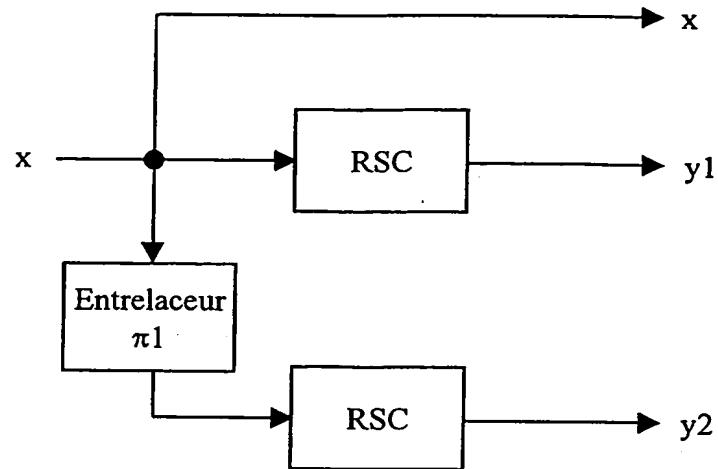


FIG. 1

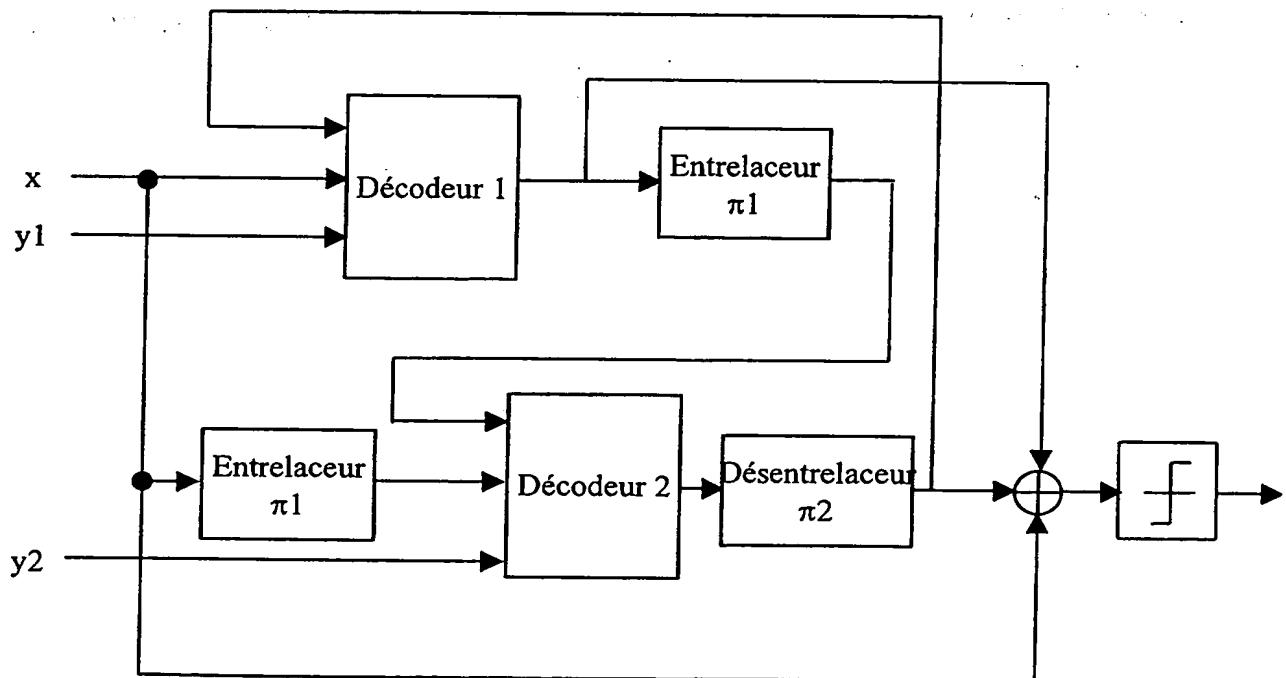


FIG. 2

2/6

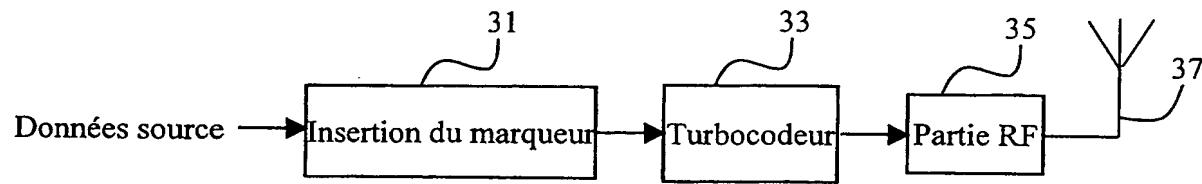


FIG. 3

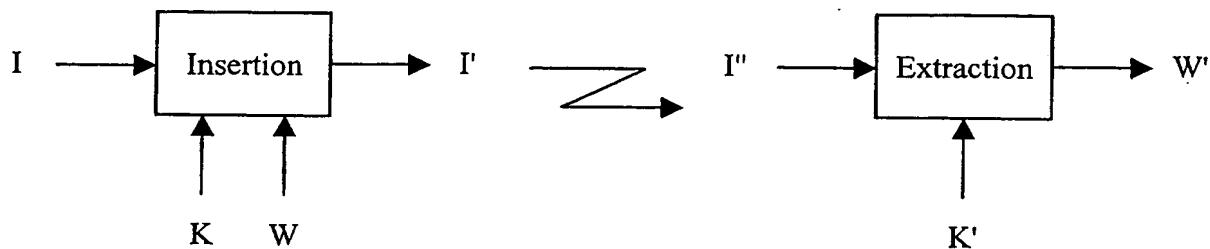


FIG. 4

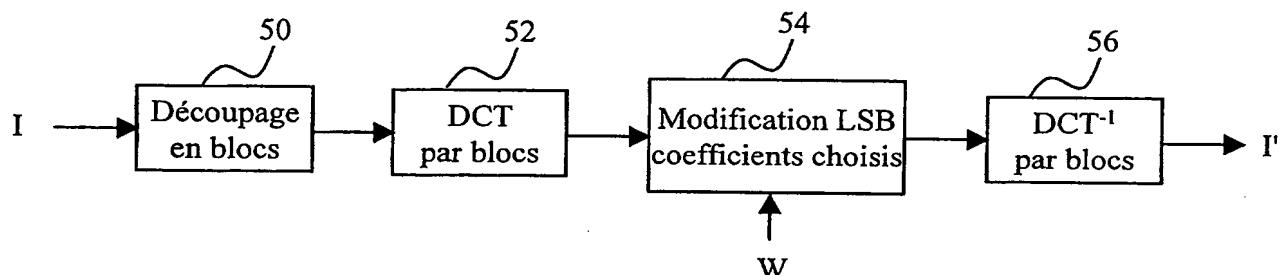


FIG. 5

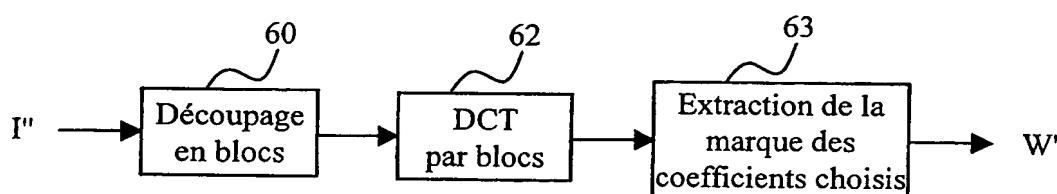


FIG. 6

3/6

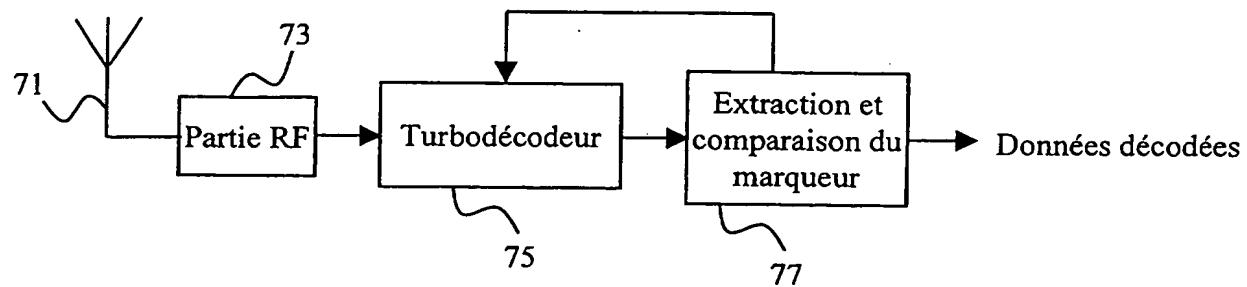


FIG. 7

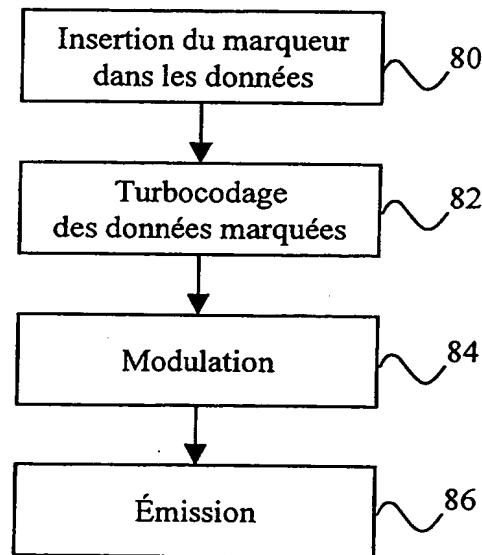


FIG. 8

4/6

FIG. 9

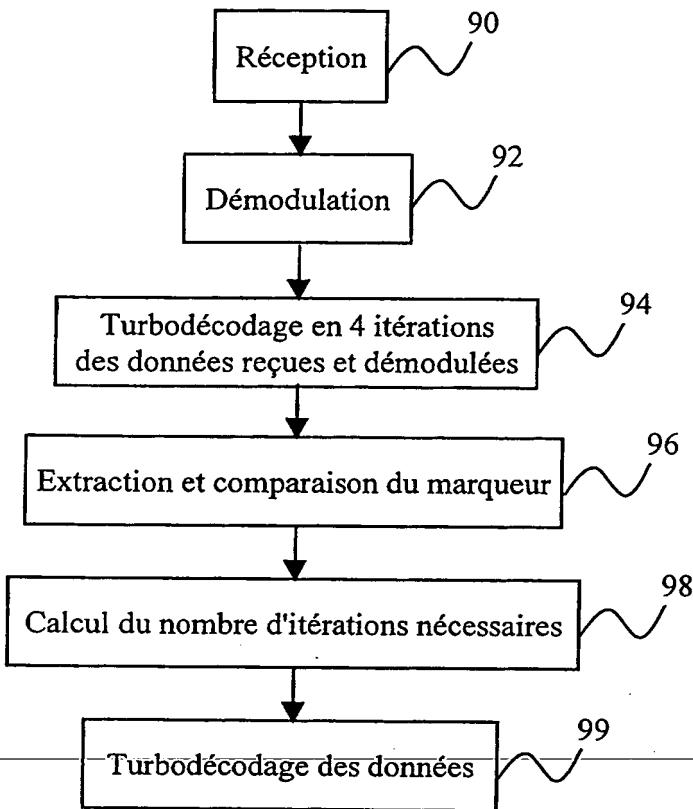
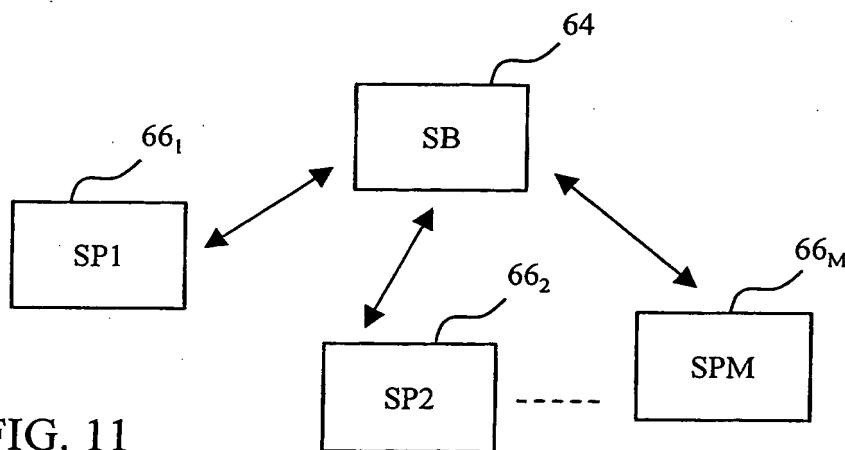


FIG. 11



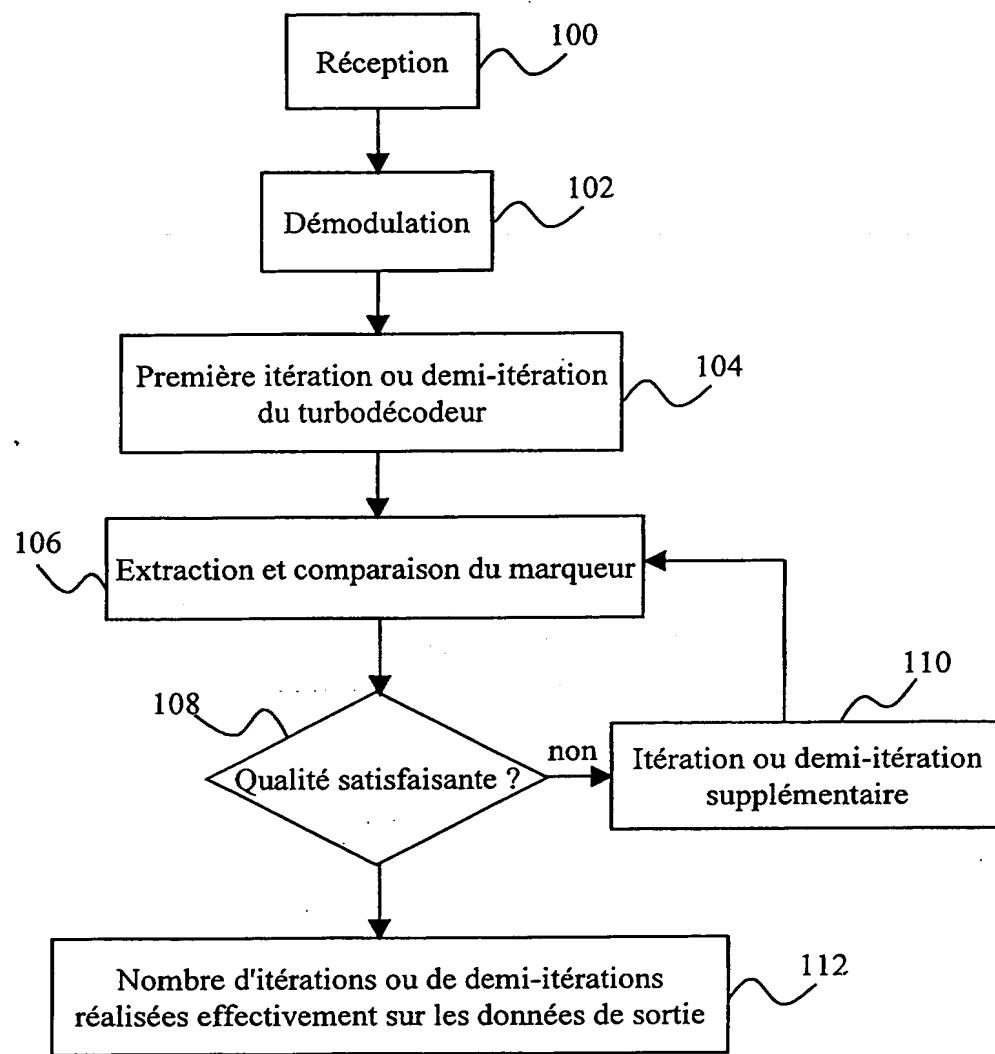


FIG. 10

6/6

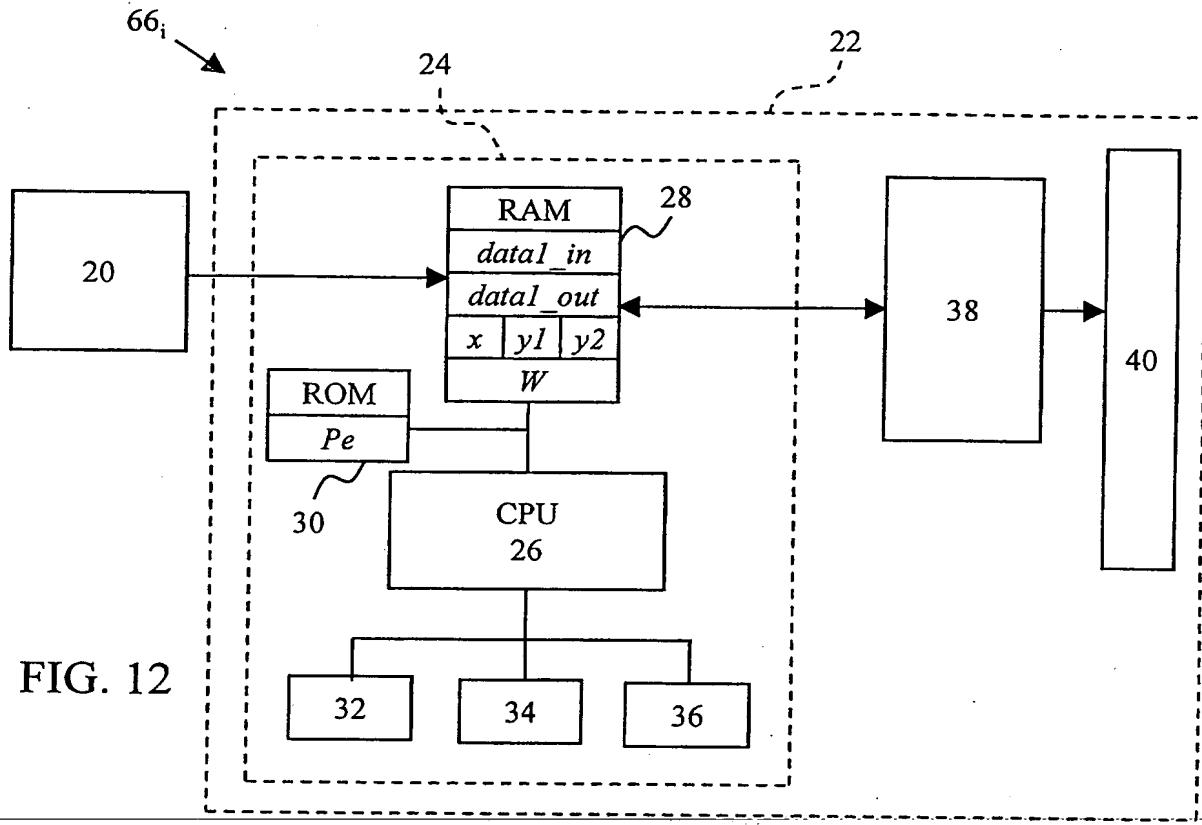


FIG. 12

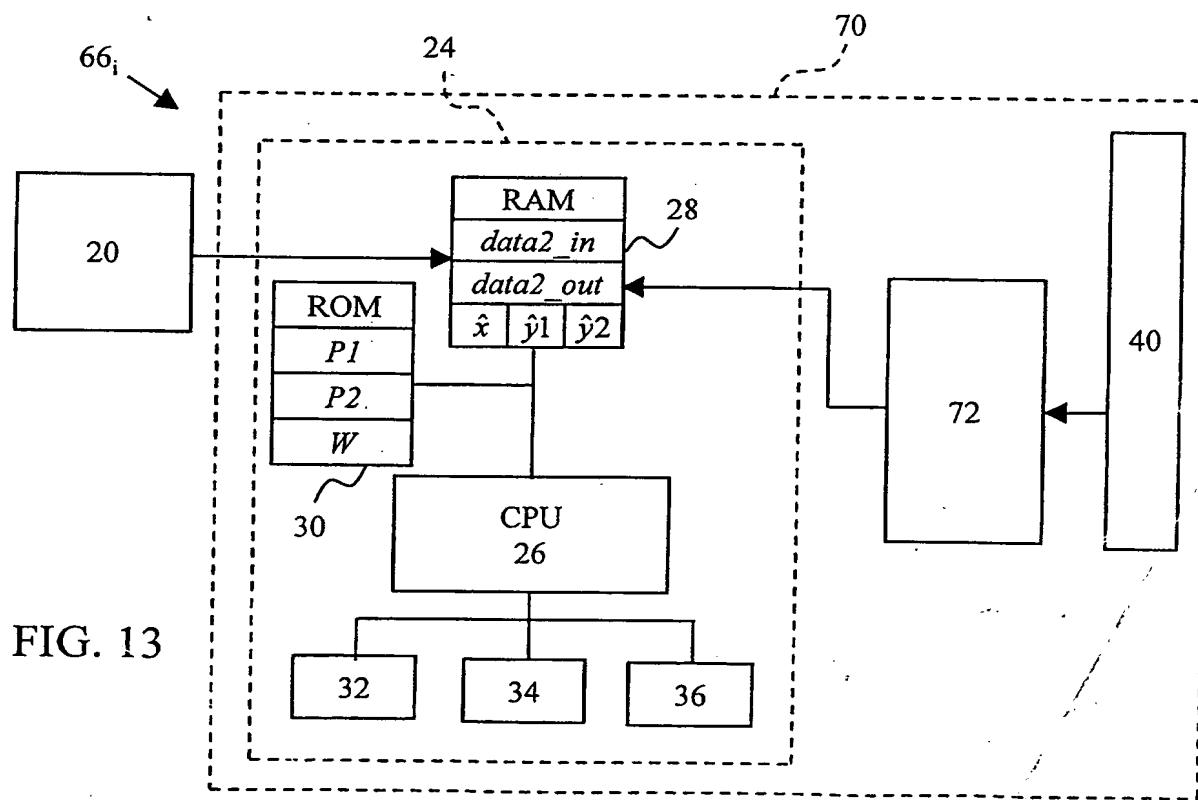


FIG. 13